Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 2, Summer. 2019, p. 347-357

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، ص. ۳۵۷-۳۴۷

ارزیابی تاثیر تقسیط کود نیتروژن و جهت‌های کاشت بر برخی صفات فیتوشیمیایی و عملکرد چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)

فرزانه ریگی[1]، مهدی دهمرده[2]*، عیسی خمری[3]، رضا باقری[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۱۲

چکیده

استفاده مؤثر از کود نیتروژن و بهینه نمودن مدیریت مصرف آن در تولید گیاهان به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد، در این راستا به منظور ارزیابی تاثیر تقسیط کود نیتروژن و جهت‌های کاشت بر عملکرد و صفات فیتوشیمیایی چای ترش، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل جهت‌های کاشت در دو سطح شمالی-جنوبی و شرقی-غربی به‌عنوان عامل اصلی و تقسیط کود نیتروژن از منبع اوره در۴ سطح یک سوم قبل از کاشت، یک سوم مرحله چهار برگی، یک سوم مرحله ساقه رفتن؛ یک دوم قبل از کاشت، یک دوم مرحله چهار برگی؛ یک دوم مرحله چهار برگی، یک دوم مرحله ساقه رفتن؛ یک سوم مرحله چهار برگی، یک سوم مرحله ساقه رفتن، یک سوم مرحله گلدهی به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش معنی‌دار (۱ درصد) بود. بیشترین عملکرد کاسبرگ (۷۸۴ کیلو گرم در هکتار) از جهت شمالی- جنوبی و استفاده از یک سوم کود نیتروژن در مرحله چهار برگی، یک سوم در مرحله ساقه رفتن و یک سوم در مرحله گلدهی و بیشترین مقدار آنتوسیانین کاسبرگ (۲/۹۸ میلی‌گرم در گرم کاسبرگ) با کاربرد یک سوم قبل از کاشت، یک سوم مرحله چهار برگی و یک سوم در مرحله ساقه رفتن از جهت کاشت شمالی- جنوبی حاصل شد. زمان‌بندی صحیح مصرف کود مهم‌تر از کل مقدار کود به‌کار رفته می‌باشد، تقسیط زمانی مصرف کود نیتروژن به‌صورت کاربرد یک سوم مرحله چهار برگی، یک سوم مرحله ساقه رفتن، یک سوم مرحله گلدهی، باعث افزایش ویژگی‌های کیفی و عملکردی چای ترش شد که در نتیجه می‌تواند کاهش هزینه‌های کودی و آلودگی محیطزیست را به‌دنبال داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد کاسبرگ، گیاه دارویی، متابولیت ثانویه

مقدمه

کشت گیاهان دارویی در حال حاضر برای استخراج و تولید مواد اولیه که در ساخت داروهای موجود به‌کار می‌روند رو به افزایش است (Mohammadnejad Ganji *et al.*, 2017). چای‌ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) یکی از گیاهان مهم دارویی و صنعتی در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است که علاوه بر استفاده‌های دارویی متعدد، نقش مهمی در تولید درآمد کشاورزان به‌خصوص در مناطق خشک که با کمبود آب مواجه هستند دارد (Ganjali *et al.*, 2017). این گیاه متعلق به خانواده ختمی است کـه از کاسـبرگ آن بـه دلیـل خـواص دارویـی و خوراکی استفاده می‌شود، اسیدآسکوربیک موجود در آن خاصیت آنتی‌اکسیدانی داشته و سبب کاهش فشار خون می‌گردد، همچنین الیاف و چوب آن در تولید کاغذ کاربرد دارد، دانه و کنجاله بذر چای ترش در تغذیه طیور و دام استفاده می‌شود (Mohammadpour Vashvaei *et al.*, 2015). در کنار توانایی‌های ژنتیکی گیاهان، توجه به روش‌های به‌زراعی یکی از راه‌های مؤثر در افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان به‌شمار می‌رود (Rahimmalek, and Khorsandi, 2015). کیفیت و کمیت ماده مؤثر گیاهان دارویی تحت تأثیر مدیریت زراعی اعمال شده قرار می‌گیرد (Allahdadi and Mosharraf Broujeni, 2017). نور به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل رقابت در اکوسیستم‌های زراعی شناخته شده است (Behdani, 2011). جهات مختلف کاشت می‌تواند بر عملکرد محصول از طریق افزایش سـطح برگ و جذب نور تأثیر داشته باشد (Mirzadeh and Bazargan,

۱- کارشناس ارشد علوم باغبانی، گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران
۲- دانشیار گروه اگرواکولوژی، عضو هیئت علمی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران
۳- استادیار گروه زراعت، عضو هیئت علمی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران
۴- مربی پژوهشی گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Dahmard@gmail.com)
DOI: 10.22067/gsc.v17i2.78730

2015). در مطالعه‌ای که بر روی دو رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) جهت بررسی تأثیر تراکم و جهت‌های مختلف کاشت بر دریافت و استفاده از تشعشع خورشیدی انجام گرفت، مشاهده شد که مقدار ماده خشک تجمعی در جهت شرقی- غربی بیشتر از جهات دیگر بود (Mirzadeh *et al*., 2015). عناصر غذایی موجود در خاک نقش مهمی در تعیین میزان رشد و عملکرد گیاه و همچنین بهبود کیفیت محصول تولیدی دارند، عنصر نیتروژن بخش اصلی بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی مانند پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک بوده و قسمتی از سبزینه (کلروفیل) را نیز تشکیل می‌دهد و در فرآیندهای فتوسنتز و افزایش سطح برگ تأثیر مستقیم دارد (Hosseini *et al*., 2013). نیتروژن اولین عنصری است که کمبود آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل کمبود مواد آلی خاک مطرح است (Behdani, 2011). به دلیل حلالیت فراوان و آبشویی کودهای نیتروژنه، زمان مصرف آن‌ها برای محصولات زراعی بسیار مهم می‌باشد و یکی از دلایل پایین بودن راندمان مصرف کودهای نیتروژنه، صحیح نبودن زمان مصرف آنها است (Abbasdokht and Beyki, 2015). یک روش مدیریتی به‌منظور افزایش راندمان نیتروژن مصرفی، تقسیط نیتروژن طی فصل رشد می‌باشد که نشان داده شده، کاربرد تقسیطی نیتروژن در گیاه دارویی خشخاش (*Papaver somniferum* L.) در دو مرحله رشد رویشی و زایشی، عملکرد کمی و کیفی گیاه را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است (Losak and Richter, 2004). در آزمایشی که در دره زرد چین انجام گرفت، گزارش شد با کاربرد ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت تقسیط چند مرحله‌ای بیشترین عملکرد وش پنبه (*Gosspium herbaceum* L.) به‌دست آمد (Pengcheng *et al*., 2017). در آزمایشی که بر روی گیاه دارویی خردل (*Sinapis alba* L.) انجام گرفت نتایج نشان داد بیشترین میزان روغن دانه از تقسیط دو مرحله‌ای کود نیتروژن به‌دست آمد (Shirani Rad *et al*., 2010). کاربرد نیتروژن به روش تقسیط می‌تواند در کاهش آبشویی و هدر رفت نیتروژن و به دنبال آن صرفه‌جویی در مصرف کودهای نیتروژن‌دار در کشور مؤثر باشد (Arshadi *et al*., 2010). از آنجا که استفاده از حداکثر ظرفیت محیط و تعیین مناسب‌ترین شرایط رشد در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی و حداکثر رسانیدن بهره‌وری، امری مهم و مد نظر مدیریت زراعی می‌باشد، این تحقیق با هدف بررسی جهات مختلف کشت برای تعیین مناسب‌ترین جهت کشت، استفاده بهینه از کود نیتروژن و تعیین بهترین زمان مصرف آن برای افزایش عملکرد کمی و کیفی چای ترش در شرایط آب و هوایی زابل انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل با موقعیت جغرافیایی محل اجرای آزمایش ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا و اقلیم خشک و بسیار گرم (بیابانی) با تابستان بسیار خشک و زمستان ملایم، در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵به اجرا درآمد. بر اساس آمار ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی سیستان میانگین دمای سالانه ۲۱/۷، حداکثر دما ۴۹ حداقل آن ۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین سالانه رطوبت نسبی ۳۹/۲۰، میانگین بلند مدت بارندگی سالانه ۵۳ میلی‌متر و میانگین تبخیر سالانه ۵۰۰۰-۴۰۰۰ میلی‌متر است. قبل از کاشت از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مزرعه نمونه خاک تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی تجزیه خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک)

Table 1- Physical and chemical properties of soil (depth of 0-30 cm)

بافت خاک Soil texture	ماده آلی Matter Organic ($mg.g^{-1}$)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن N ($mg.g^{-1}$)	فسفر P ($mg.g^{-1}$)	پتاسیم K (ppm)	سدیم Na (ppm)	آهن Fe ($mg.g^{-1}$)	کربن Carbon ($mg.g^{-1}$)
لوم -رسی Clay Loam	0.052	7.2	2.7	0.0015	0.045	56.7	95.5	0.014	0.03

تیمارهای آزمایش شامل جهت‌های کشت در دو سطح (شمالی- جنوبی و شرقی-غربی) به‌عنوان عامل اصلی و تقسیط کود نیتروژن در چهار سطح (یک سوم قبل از کاشت، یک سوم زمان چهار برگی، یک سوم مرحله ساقه‌رفتن؛ یک دوم قبل ازکاشت، یک دوم زمان چهار برگی؛ یک دوم زمان چهار برگی، یک دوم مرحله ساقه‌رفتن؛ یک سوم زمان چهار برگی، یک سوم مرحله ساقه‌رفتن، یک سوم مرحله گلدهی) به‌عنوان عامل فرعی بودند. کود نیتروژن از منبع اوره و به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. زمین قبل از انجام آزمایش در پاییز شخم عمیق خورده و سپس کود فسفر از منبع سوپر فسفات به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار همراه با دیسک اعمال شد و با استفاده از دستگاه لولر تسطیح و توسط فاروئر جوی پشته ایجاد شد. کشت در ۱۸ اسفند ماه با دست انجام شد. بذر (بذر محلی سیستان) گیاه برای جوانه‌زنی بهتر به مدت ۲۴ ساعت با آب خیسانده شد، بدین

منظور سه الی چهار بذر در هر کپه در عمق سه سانتی‌متری به روش جوی پشته (داغ آب) در چهار ردیف ۲/۵ متری با فاصله ۲۵ سانتی‌متر بین دو بوته و ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف انجام شد. آبیاری بر اساس نیاز گیاه به‌صورت جوی و پشته در ابتدا مراحل جوانه‌زنی و سبز شدن هر پنج روز و بعد از شروع شاخه‌دهی جانبی هر هفت روز یک بار انجام شد. در مرحله چهار الی شش برگی برای رسیدن به تراکم مناسب (هشت بوته در متر مربع) تنک انجام و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی (وجین با استفاده از فوکا) در پنج مرحله (پنج الی شش برگی، ساقه‌دهی (سه مرتبه)، شاخه‌دهی جانبی) صورت گرفت.

اندازه‌گیری تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR[1])

جهت اندازه‌گیری نور ورودی به کانوپی در زمان بسته شدن کانوپی به‌وسیله دستگاه تشعشع‌سنج مدل Scan temp PRO 440 Model employ) در ساعت ۱۲/۳۰ ظهر تا ۱۳/۳۰ انجام گرفت. بدین منظور در وسط دو ردیف میانی هر کرت یک بار دستگاه را در وسط کانوپی قرار داده شد و بار دوم دستگاه را پای بوته (پایین کانوپی) قرار گرفت و مقدار نور ورودی اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. با استفاده از معادله ۱ مقدار تشعشع فعال فتوسنتزی برای هر تیمار محاسبه شد (Bantilan *et al.*, 1976).

$$\%PAR = 1 - \frac{PAR_b}{PAR_a} \qquad (۱)$$

PAR_b: تشعشع فعال فتوسنتزی در پایین کانوپی، PAR_a: تشعشع فعال فتوسنتزی در بالای کانوپی

اندازه‌گیری عملکرد کاسبرگ

جهت اندازه‌گیری عملکرد کاسبرگ در پایان فصل رشد هنگام رسیدگی کامل غوزه‌ها برداشت صورت گیاهان گرفت. کاسبرگ‌ها در اتاق در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در سایه (به مدت ۱۴روز) به‌طور طبیعی خشک و سپس با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ توزین گردیدند.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی گیاه

غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل (a، b) و کارتنوئید

نمونه‌برداری از جوان‌ترین برگ بالغ توسعه‌یافته در شروع گلدهی صورت گرفت. مقدار ۰/۱ گرم بافت تازه برگ گیاه وزن و در هاون چینی با نیتروژن مایع ساییده شد و پس از افزودن ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ به آن، به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و جذب محلول بالایی در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b توسط اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید نمونه (میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ تازه) به‌دست آمد (Arnon, 1967).

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A663 - 0.86 \times A645)\ V/100W,$$
$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A645 - 3.6 \times A663)\ V/100W$$

V= حجم محلول سانتریفیوژ شده, A= جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر، W= وزن نمونه برحسب گرم

آنتوسیانین

نمونه‌برداری در پایان رسیدگی فیزیولوژیکی کاسبرگ‌ها انجام گرفت، ۰/۱گرم بافت تازه کاسبرگ وزن و در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و کلریدریک اسید خالص به نسبت حجمی ۹۹ به ۱) به‌طور کامل ساییده شد و در لوله‌های آزمایش به مدت ۲۴ ساعت، در تاریکی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت، سپس به مدت ۱۰ دقیقه، با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه، سانترفیوژ شد و جذب محلول بالایی در طول موج ۵۵۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر تعیین گردید. برای محاسبه غلظت از فرمول زیر استفاده شد (ضریب خاموشی (ε)۳۳۰۰۰ سانتی‌متر بر مول در نظر گرفته شد (Wagner, 1979). (A= جذب، b= عرض کووت وC= غلظت محلول مورد نظر)

$$A = \varepsilon bC$$

کربوهیدرات

نمونه‌برداری در پایان رسیدگی فیزیولوژیکی کاسبرگ‌ها انجام گرفت، ابتدا ۰/۲ گرم بافت تازه کاسبرگ وزن و به همراه ۱۰ سی‌سی اتانول ۹۵ درصد (یا ۵ سی‌سی اتانول ۹۶ درصد) در لوله‌های آزمایش در بسته قرار داده و به‌مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. پس از سرد شدن ۱ سی‌سی از نمونه‌ها را برداشته و به آن ۱ سی‌سی فنل ۰/۵ درصد و ۵ سی‌سی اسید سولفوریک ۹۸ درصد اضافه گردید. میزان نور جذبی درطول موج ۴۸۳ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتری قرائت گردید. میزان کربوهیدرات استخراجی بر اساس میلی‌گرم گلوکز در گرم وزن تر نمونه از منحنی استاندارد محاسبه گردید (Kerepsi *et al.*, 1996).

پروتئین بذر

نمونه‌برداری در پایان رسیدگی فیزیولوژیکی بذرها انجام گرفت. به‌منظور استخراج پروتئین، پس از آماده‌سازی نمونه‌ها از طریق مخلوط کردن ۰/۲گرم نمونه در هاون چینی با ۹۰۰ میکرولیتر محلول بافر و به‌دست آوردن یک مایع شفاف سبز رنگ، نمونه‌ها در تیوپ اپندروف ۲ میلی‌لیتر ریخته شد و با دور ۷۵۰ دقیقه به مدت یک دقیقه ورتکس گردید. ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره‌ی موجود در تیوپ‌های فریز

1- Photosynthesis active radiation

شده، همراه با ۱/۵ میلی‌لیتر معرف برادفورد (بیوره) در تیوب جدید ریخته و به مدت ۱ دقیقه، ورتکس شد و جذب آن در طول موج ۵۹۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Bradford, 1976).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

تشعشعات فعال فتوسنتزی (PAR)

اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن بر تشعشع فعال فتوسنتزی معنی‌دار (۱ درصد) بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین نور ورودی به کانوپی (۷۷/۳ درصد) در جهت کشت شمالی- جنوبی و از کاربرد تیمار یک سوم قبل از کاشت، یک سوم مرحله چهار برگی، یک سوم مرحله ساقه‌رفتن حاصل شد (جدول ۳). هدف اصلی در مدیریت زراعی به حداکثر رساندن دریافت نور توسط سایه‌انداز گیاه زراعی است (Nassiri Mahallati, *et al.*, 2015). نور یکی از منابع طبیعی مهم می‌باشد که با افزایش کارایی آن می‌توان سطح تولید را افزایش داد و به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل رقابت در اکوسیستم‌های زراعی شناخته شده است (Awal *et al.*, 2006). در مراحل اولیه رشد، جذب و دریافت نور تا حد زیادی به سرعت گسترش برگ‌ها بستگی دارد (Carretero *et al.*, 2010). انجام فرآیند فتوسنتز و در نتیجه تولید ماده خشک گیاه وابسته به سطح برگ بوده و برای افزایش ماده خشک گیاه باید شاخص سطح برگ را افزایش داد (Behdani, 2011). یکی از راه‌های افزایش شاخص سطح برگ، افزایش تراکم بوته و کشت گیاه در جهت‌های مختلف می‌باشد، جهات مختلف کاشت می‌تواند بر عملکرد محصول از طریق افزایش سطح برگ و جذب نور تأثیر داشته باشد (Mirzadeh *et al.*, 2015). نور خورشید و مقدار انعکاس آن تحت تاثیر جهت ردیف‌ها قرار می‌گیرند و احتمالاً در ردیف‌های شمالی- جنوبی نورگیری بهتر از ردیف‌های شرقی- غربی است (Sing *et al.*, 1973). با توجه به نتایج اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن مقدار نور ورودی به کانوپی در جهت شمالی- جنوبی بیشتر است از این رو نور بیشتری توسط برگ‌ها گیاه دریافت شده که با افزایش کربن‌گیری و افزایش شاخص سطح سبب افزایش فتوسنتز گردیده است و در نهایت منجر به افزایش عملکرد کاسبرگ‌ها چای ترش در جهت شمالی- جنوبی گردیده است. در یک تحقیق با مطالعه تأثیر جهت کاشت بر عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) بهاره در شوروی سابق بیان شد، عملکرد گندم بهاره در ردیف‌های کاشت شمالی- جنوبی (۳۰۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از ردیف‌های شرقی- غربی است، فرض شده است که در ردیف‌های شمالی- جنوبی از نور و رطوبت به‌طور کامل‌تری استفاده می‌شود (Perekaljskii, 1951).

عملکرد کاسبرگ

اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد کاسبرگ معنی‌دار (۱ درصد) شد (جدول ۲). به گونه‌ای که بیشترین عملکرد (۷۸۴ کیلوگرم در هکتار) در جهت کشت شمالی- جنوبی و از کاربرد تیمار یک سوم زمان چهار برگی، یک سوم مرحله ساقه‌رفتن، یک سوم مرحله گلدهی به‌دست آمد (جدول ۳). در مورد تأثیر عوامل اکولوژیکی و کاربرد کود نیتروژن به‌صورت تقسیط بر عملکرد اقتصادی می‌توان بیان کرد که به‌منظور دستیابی به حداکثر عملکرد لازم است گیاه زراعی با حداکثر کارایی ممکن از عوامل تولید یعنی آب، عناصر غذایی، نور و دی‌اکسیدکربن استفاده نماید (Behdani, 2011). در آزمایشی که بر روی گیاه سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) انجام گرفت نتایج نشان داد که تقسیط کود نیتروژن در ژنوتیپ‌های سورگوم (*Sorghum bicolor* L. Moench) باعث ایجاد یک روند افزایشی در میزان ماده خشک تجمعی به ازای افزایش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی شده است (Beheshti and Seyyed kaboli, 2017). در گیاهان رشد نامحدود (ساقه گیاه به مرور طی چند مرحله به گل می‌رود) ریشه توانایی بیشتری برای جذب مواد غذایی در زمان گلدهی دارد (Khaje Pour, 2014). مصرف نیتروژن در ابتدای گلدهی منجر به تحریک گیاه در جهت افزایش تولید شاخه‌های فرعی شده و از طریق افزایش سطح فتوسنتزی و تولید آسمیلات‌ها سبب تبدیل تعداد بیشتری از گل به میوه می‌شوند (Zangani, 2001). برای عملکرد بالای کاسبرگ باید رشد رویشی یا زایشی در گیاه متعادل و کاسه‌های گل مراحل رشدی خود را به‌طور کامل طی‌کرده و بزرگ شوند، این تعادل زمانی برقرار می‌شود که بین عناصر لازم برای رشد رویشی (نیتروژن) با عنصر لازم برای رشد زایشی (فسفر) تعادل برقرار باشد (Mohammadpour Vashvaei *et al.*, 2015). گیاهانی که رشد رویشی خوبی را پشت سرگذاشته باشند، گل‌های بیشتری تولید می‌کنند و منجر به افزایش عملکرد می‌شوند (Behdani , 2011). با توجه به اینکه در جهت شمالی- جنوبی نور فعال فتوسنتزی بیشتری جذب شده با افزایش میزان جذب نور میزان فتوسنتز نیز افزایش یافته و از طرفی با تقسیط بهینه کود نیتروژن در مراحل رشد سریع رویشی (چهاربرگی، ساقه رفتن) و زایشی (گلدهی) باعث بهبود تغذیه گیاه شده که سبب افزایش عملکرد کاسبرگ گیاه می‌شود.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نور ورودی به کانوپی و عملکرد کاسبرگ چای ترش

Table 2- Analysis of variance (Mean of squares) light to the canopy and dry sepal yield of Roselle

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نور Light	عملکرد کاسبرگ خشک Dry sepal yield
تکرار Replication	2	23.77 ns	15128 ns
جهت کاشت Planting direction	1	1.81 ns	173400**
خطای اصلی Error(a)	2	36.1	1256
نیتروژن Nitrogen	3	1654.90**	71960**
کود × جهت کشت Nitrogen× Direction	3	702.98**	86232**
خطای فرعی Error(b)	12	24.3	4810.66
ضریب تغییرات C.V(%)	-	13.2	12.4

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

* ,** and ns significant at probability levels, respectively %1, % 5 and non-significant

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تقسیط نیتروژن× جهت کشت نور ورودی به کانوپی و عملکرد کاسبرگ چای ترش

Table 3- Mean comparison of interaction effect planting direction × nitrogen fertilizer split light to the canopy and dry sepal yield of Roselle

جهت کاشت Planting direction	کود Fertilizer	نور Light %(lx)	عملکرد کاسبرگ خشک Dry sepal yield (kg.ha^{-1})
شرقی- غربی East-West	A	45.3^{b}	504^{b}
	B	24.6^{e}	488^{b}
	C	27.27^{de}	408^{bc}
	D	21.89^{e}	504^{b}
شمالی- جنوبی North-South	A	77.3^{a}	712^{a}
	B	34.99^{cd}	312^{c}
	C	43.56^{bc}	776^{a}
	D	25.01^{e}	784^{a}
LSD5%		8.78	123.4

تفاوت حروف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ می‌باشد.

The difference in the letters in column shows a significant difference based on the Duncan test at 5%

A: (۱/۳ قبل ازکاشت، ۱/۳ چهار برگی، ۱/۳ ساقه رفتن)، B: (۱/۲ قبل از کاشت، ۱/۲ چهار برگی)، C: (۱/۲ چهار برگی، ۱/۲ ساقه رفتن)، D: (۱/۳ چهار برگی، ۱/۳ ساقه رفتن، ۱/۳ گل‌دهی)

A: (1/3 before planting, 1/3 four leaf, 1/3 stem elongation), B: (1/2 before planting, 1/2 four leaf), C: (1/2 four leaf, 1/2 stem elongation), D: (1/3 four leaf, 1/3 stem elongation, 1/3 Flowering)

رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل (b, a) و کارتنوئید

اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن بر میزان کلروفیل (a و b) معنی‌دار (۱ درصد) بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار بر میزان کلروفیل a (۰/۹۳ میلی‌گرم در گرم) و کلروفیل b (۱/۰۳ میلی‌گرم در گرم) و کارتنوئید (۰/۳۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در جهت کشت شمالی- جنوبی و از کاربرد تیمار کود نیتروژن یک سوم مرحله چهار برگی، یک سوم مرحله ساقه رفتن، یک سوم مرحله گلدهی به‌دست آمد (جدول ۵). در مورد تأثیر عوامل اکولوژیکی و کاربرد کود نیتروژن به‌صورت تقسیط بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ می‌توان بیان کرد، فتوسنتز و تعادل بیوشیمیایی گیاه و دریافت تحرکات محیطی و تا حدی ذخیره مواد غذایی در حیطه‌ی وظایف رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه است (Khaje Pour, 2014). کلروفیل‌ها گیرنده‌های اولیه جذب نور برای انجام فتوسنتز می‌باشند (Khavari Najad, 1996). بالارفتن میزان کلروفیل در نتیجه افزایش جذب نیتروژن در اثر شرکت فعال نیتروژن در ساختمان کلروفیل و اسیدهای آمینه به‌وقوع می‌پیوندد (Iannucci *et al.*, 2002) افزایش دمای خاک باعث افرایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها اطراف ریشه شده و گیاه را در جذب عناصر یاری و

بر میزان جذب عناصر میکرو (Mg، Mn و Fe) که در ساخت کلروفیل نقش مهمی ایفا می‌کنند، می‌افزایند و در نهایت سبب افزایش سنتز کلروفیل می‌شوند (Sarcheshmeh Pour and Hadifra Pour, 2011). در آزمایشی که بر روی گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgaris* L.) انجام گرفت، نتایج نشان داد که شدت نور بالا در آویشن در مقایسه با نور طبیعی موجب پر رنگ و براق شدن برگ‌ها، افزایش کلروفیل، کاهش تنفس روزنه‌ای، کوتیکولی و افزایش پتانسیل فتوسنتزی شد (Jabbari *et al.*, 2009). عمده ترکیبات رنگدانه‌های فتوسنتزی دارای ساختار نیتروژنی هستند، از این رو کاربرد به‌موقع نیتروژن می‌تواند تا حد زیادی منجر به افزایش مقدار آن‌ها در گیاه شود (Zgallai *et al.*, 2006). به طورکلی هرچه شرایط تغذیه‌ای و محیطی، از جمله عناصر غذایی، نور و رطوبت برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل و تثبیت CO_2 بیشتر می‌شود (Demir, 2004). کاربرد به‌موقع نیتروژن سبب افزایش سطح فعال برگ، افزایش استفاده از تابش خورشیدی و در نتیجه افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی و افزایش فتوسنتز و به موجب آن افزایش عملکرد می‌باشد (Iannucci *et al.*, 2002). بنابراین تأمین نیتروژن به اندازه کافی در مراحل حساس رشد رویشی (چهاربرگی، ساقه رفتن) و زایشی (گلدهی) یکی از راهکارهای مهم در افزایش فتوسنتز و به موجب آن افزایش عملکرد می‌باشد.

آنتوسیانین

اثر متقابل جهت کاشت و تقسیط کود نیتروژن بر محتوای آنتوسیانین کاسبرگ معنی‌دار (۱ درصد) شد (جدول ۴). اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن نشان داد که بیشترین مقدار آنتوسیانین کاسبرگ (۲/۹۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر کاسبرگ) از کاربرد تیمار یک سوم قبل از کاشت، یک سوم مرحله چهار برگی، یک سوم مرحله ساقه رفتن حاصل شد (جدول ۵). شرایط محیطی از قبیل نور، درصد رطوبت و درجه حرارت از جمله مهمترین عوامل تأثیرگذار بر تعیین متابولیت‌های ثانویه در گیاه می‌باشد (Rahimmalek and Khorsandi, 2015). رنگ‌دانه آنتوسیانین متعلق به گروه گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه است، که در مجموع به‌عنوان فلاوونوئیدها شناخته می‌شوند و به‌عنوان یک رنگیزه مهم در گیاه تحت تأثیر متغیرهای مختلفی نظیر موادغذایی، دما، دسترسی به آب و به‌ویژه نور است یکی از وظایف آنتوسیانین‌ها نقش حفاظتی آنها در مقابل تنش نوری است (Nowruzi *et al.*, 2017). پیش ماده اصلی تولید فلاوونوئیدها از جمله آنتوسیانین مالونیل- کوآنزیم آ و پی کوماریل- کوآنزیم آ[1] می‌باشند افزایش شدت نور باعث افزایش سنتز این پیش ماده در گیاه می‌شود (Kakavand and Mahna, 2015). در مطالعه‌ای که بر روی گیاه دارویی اسطوخدوس صورت گرفت نتایج نشان داد که کاربرد کود اوره باعث افزایش عملکرد اسانس و افزایش مقدار دو ماده مؤثره اصلی گیاه اسطوخودوس (*Lavandula officinalis* L.) سینئول و لینالول شد (Hadipour *et al.*, 2013). در مطالعه‌ای که بر روی گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) انجام شد نتایج نشان داد کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد روغن شد (Javanmard and Shekari, 2016). با توجه به اینکه پارامترهای اکولوژیکی (نور، دما و عناصر غذایی) در جهت کشت شمالی- جنوبی دارای بیشترین مقدار بودند، سبب افزایش آنتوسیانین در جهت کشت شمالی- جنوبی شدند، افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه رشد و نمو، فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه و تولید متابولیت‌های ثانویه همچون آنتوسیانین را افزایش می‌دهد که در اثر وجود مقادیر مناسب نیتروژن محیط در زمان‌های نیاز گیاه به وقوع پیوسته است. از آنجا که مراحل نمو گیاه قبل از کاشت، چهار برگی و ساقه رفتن مصادف با زمان‌هایی است که گیاه چای ترش در زمین در طول روزهای بلند نور بیشتری جذب می‌کند، بنابراین اعمال کود نیتروژن در این مراحل با فراهمی عناصر غذایی بر گیاه و جذب نور بیشتر باعث افزایش سنتز آنتوسیانین در گیاه می‌شود. دما و نور بر کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی گیاه از قابلیت انحلال عناصر معدنی، مواد آلی محلول در بافت‌های گیاهی و فرآیندهای فیزیولوژیکی آن تاثیر می‌گذارد به‌طوری که قابلیت انحلال و سنتز متابولیت‌ها عموماً با افزایش دما و نور افزایش پیدا می‌کند (Emam and Seghat Alslami, 2005).

پروتئین بذر

اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن بر میزان پروتئین بذر معنی‌دار (۱ درصد) شد (جدول ۴). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار پروتئین بذر (۳/۸ گرم در ۱۰۰گرم وزن بذر) در جهت کشت شمالی- جنوبی و از کاربرد تیمار یک سوم مرحله چهار برگی، یک سوم مرحله ساقه رفتن، یک سوم مرحله گلدهی به‌دست آمد (جدول ۵). از آنجا که نیتروژن یکی از اجزای اصلی اسیدهای آمینه محسوب می‌شود، افزایش مصرف و جذب آن منجر به افزایش سنتز پروتئین‌ها خواهد شد در مطالعه‌ای که بر روی گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) صورت گرفت نتایج نشان داد، که افزایش مصرف نیتروژن درصد پروتئین دانه کلزا و گندم را به طور معنی‌داری افزایش داد (Hosseini *et al.*, 2013; Mehrnia *et al.*, 2016). نیتروژن از عناصر اصلی سازنده اسیدهای آمینه است؛ بنابراین کاربرد نیتروژن در مراحل اوج رشد رویشی (چهار برگی، ساقه رفتن) می‌تواند به افزایش مقدار پروتئین به‌ویژه در زمان رشد زایشی (اوایل گلدهی) به دلیل اختصاص بیش‌تر مواد فتوسنتزی قابل جذب به اندام‌های زایشی منجر گردد.

1- Malonyl-Coenzyme A and P-Comaryl-Coenzyme A

کربوهیدرات کاسبرگ

اثر متقابل جهت کاشت و تقسیط کود نیتروژن بر میزان کربوهیدرات معنی‌دار (۵ درصد) شد (جدول ۴). بیشترین مقدار کربوهیدرات (۶/۶۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر کاسبرگ) از کاربرد تیمار (یک دوم مرحله چهار برگی، یک دوم مرحله ساقه رفتن) به‌دست آمد (جدول ۵). نور اثر زیادی بر سرعت فتوسنتز دارد و به‌عنوان منبع انرژی برای تبدیل CO_2 و آب به کربوهیدرات نقش دارد، افزایش شدت جذب نور منجر به افزایش سنتز کربوهیدرات‌ها در گیاهان می‌شود (Gaastra, 1963). درآزمایشی بر گیاه کلزا (*brassica napus* L.)، نتایج نشان داد با کاربرد کود نیتروژن محتوای کربوهیدرات دانه افزایش یافت (Fazli *et al.*, 2005). در مراحل اولیه و حساس رشد و نمو (جوانه‌زنی، چهار برگی) گیاه برای رشد به عناصر معدنی به‌خصوص نیتروژن نیاز بیشتری دارد (Ibrahim Zadeh, 2007). همچنین در مرحله ساقه‌دهی گیاه دارای حداکثر قدرت جذب مواد غذایی برای انجام فتوسنتز، ذخیره مواد غذایی، انتقال و توزیع مواد غذایی ساخته شده به سایر قسمت‌های گیاه می‌باشد (Heidari Sharif Abadi, 2012). بهبود شرایط تغذیه‌ای و افزایش جذب آب و عناصر غذایی می‌تواند منجر به افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو، افزایش سرعت فتوسنتز و افزایش سنتز کربوهیدرات‌ها در گیاهان شود (Melkotti, 2006). از آنجایی که در جهت کشت شمالی- جنوبی بوته‌ها از عوامل محیطی مثل نور، عناصر غذایی، به‌صورت کامل و مناسب‌تری استفاده می‌کنند، بنابراین با اعمال کود نیتروژن در مراحل حساس و اوج رشد رویشی و جذب نور و دما بیشتر در این مراحل منجر به افزایش سنتز کربوهیدرات‌ها در گیاه می‌شود. در آزمایشی که بر روی گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) انجام گرفت نتایج نشان داد که تغذیه بیشتر با نیتروژن در آغاز مرحله ساقه رفتن میزان کربوهیدرات‌ها، نیتروژن و پروتئین دانه را بهبود بخشید (Baradaran Firouzabadi *et al.*, 2010).

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات فیزیولوژیکی گیاه چای ترش

Table 4- Analysis of variance (Mean of squares) physiological characteristics of Roselle

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کارتنوئید Carotenoid	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	پروتئین بذر Seed protein	آنتوسیانین Anthocyanin	کربوهیدرات Carbohydrate
Replication تکرار	2	0.0007 ns	0.001 ns	0.02ns	0.01ns	0.01 ns	0.18 ns
جهت کاشت Planting direction	1	0.00003ns	0.05*	0.60 ns	6.77 **	0.59 ns	6.95**
Error(a) خطای اصلی	2	0.0001	0.001	0.03	0.007	0.03	0.02
Nitrogen نیتروژن	3	0.0007 ns	0.06**	0.13 **	3.56 **	0.53**	4.70 **
کود × جهت Nitrogen × Direction	3	0.01 **	0.07**	0.17**	1.81**	0.24**	1.71 *
Error(b) خطای فرعی	12	0.0003	0.003	.007	0.05	0.02	0.45
C.V(%) ضریب تغییرات	-	6.6	9.7	15.4	15.5	6.3	12.2

* ، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

*, ** and ns significant at probability levels, respectively. %1, %5 and non-significant

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تقسیط کود نیتروژن × جهت کشت صفات فیزیولوژیکی گیاه چای ترش

Table 5- Mean comparisons interaction effect planting direction × nitrogen fertilizer split physiological characteristics of Roselle

جهت کاشت Planting direction	کود Fertilizer	کارتنوئید Carotenoid (mg.g^{-1})	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g^{-1})	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g^{-1})	پروتئین بذر Seed protein (g/100g Seed)	آنتوسیانین Anthocyanin (mg.g^{-1})	کربوهیدرات Carbohydrate (mg.g^{-1})
شرقی- غربی East-West	A	0.28 bc	0.60 bc	0.4 b	1.88 b	2.35 cd	6.37 a
	B	0.29bc	0.47 d	0.35 b	1.77 b	2.66 b	5.35 ab
	C	0.30 b	0.68 b	0.41 b	0.73 de	1.88 e	4.26 bc
	D	0.19 e	0.49cd	0.38 b	0.51 de	1.93 e	3.64 c
شمالی- جنوبی North-South	A	0.24 d	0.60 bc	0.42 b	0.9 de	2.98 a	6.11 a
	B	0.26 cd	0.48 d	0.92 a	1.46 bc	2.45 bc	6.41 a
	C	0.21 e	0.62 b	0.42 b	3.8a	2.51 bc	6.63 a
	D	0.36 a	0.93 a	1.03 a	1.07 cd	2.13 de	4.77 bc
LSD5%		0.03	0.10	0.15	0.41	0.26	1.19

تفاوت حروف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ می‌باشد.

The difference in the letters in column shows a significant difference based on the Duncan test at 5%

A: (۱/۳ قبل ازکاشت، ۱/۳ چهار برگی، ۱/۳ ساقه رفتن)، B: (۱/۲ قبل ازکاشت، ۱/۲ چهار برگی)، C: (۱/۲ چهار برگی، ۱/۲ ساقه رفتن)، D: (۱/۳ چهار برگی، ۱/۳ ساقه رفتن، ۱/۳گل‌دهی)

A: (1/3 before planting, 1/3 four leaf, 1/3 stem elongation), B: (1/2 before planting, 1/2 four leaf), (C: 1/2 four leaf, 1/2 stem elongation), D: (1/3 four leaf, 1/3 stem elongation, 1/3 Flowering)

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این تحقیق گویای آن است که جهت کشت شمالی- جنوبی با بهره‌گیری بهتر از عوامل اکولوژیکی از قبیل نور، دما، عناصر غذایی و به دنبال آن با کاربرد کود نیتروژن به‌صورت تقسیط در مراحل چهار برگی، ساقه رفتن، گلدهی موجب بهبود رشد، افزایش عملکرد و کیفیت کاسبرگ در گیاه چای ترش گردید، با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌هـای زراعـی و لزوم توجه به کشت این گیاهان در نظام‌هـای کـم نهـاده و کـاهش هزینه‌های مصرف کودهای شیمیایی به نظر می‌رسد کـه تقسیط کود نیتروژن راه‌حل مناسبی برای تولید این گیاهان باشد، بنابراین ازآنجایی که نیتروژن یکی از عناصر بسیار مؤثر در افزایش عملکرد کیفی و زراعی گیاهان دارویی می‌باشد، مدیریت بهینه نیتروژن به‌صورت کاربرد تقسیطی در زمان‌هایی که انطباق بیشتری با مراحل حساس نیاز گیاه داشته باشد و باعث افزایش کیفیت و عملکرد گیاه دارویی و پایداری تولید آن و با هدف افزایش کارایی کاربرد کودهای شیمیایی در راستای دستیابی به کشاورزی پایدار و حفظ محیطزیست توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

برحسب ادب و احترام از کلیه کارکنـــان پژوهشـــکده کشـــاورزی دانشگاه زابل که ما را در اجـرای ایـن پـژوهش یـاری کردنـد بسـیار متشکریم.

References

1. Abbasdokht, H., and Beyki, M. A. 2015. The effects of hydropriming, planting depth and nitrogen split application on grain yield and it’s components of 370 double cross hybrid corn in arid zone. Journal of Plant Prod Research 22 (1): 881-886. (in Persian with English abstract).
2. Allahdadi, M., and Mosharraf Broujeni, L. 2017.The effect of different urea rates on some morphological and phytochemical traits of artichoke. Agro ecology Journal 13 (4): 49-60. (in Persian with English abstract).
3. Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.
4. Arshadi, M. J., Khazaee, H. R., Nassiri Mahallati, M., and Aghlee, S. O. 2010. The effects of some important agronomic traits in potato yield (*Solanum tuberosum* L.) and the ability to determine the time required potato crop to nitrogen fertilizer using chlorophyll meter, Journal of Agro ecology (2) 1: 119-128. (in Persian with English abstract).
5. Awal, M. A., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize peanut intercrop canopy. Agricultural for Meteorology 139 (1): 74-83.
6. Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.
7. Behdani, M. A. 2011. Principles of Cultivation. of AYJ, Press, Iran. Iran. (in Persian).
8. Beheshti, A. R., and Seyyed Kaboli, E. 2017. The Influence of distribution nitrogen fertilizer management on absorbed and radiation use efficiency in forage sorghum *(Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. Journal of Agro ecology 9 (3): 848-861.(in Persian with English abstract).
9. Bantilan, R. T., Palada, M., and Harwood, R. R. 1976. Integrated weed management, I. Key factors affecting weed/crop balance. Philippine Weed Science, Bulletin 1: 1-14.
10. Baradaran Firouzabadi, M., Hamzei, J., and Esfandiari, E. 2010. Effect of N and drought stress on seed carbohydrate and nitrogen reserves and seedling vigor in barley (*Hordeum vulgare* L.). Electronic Journal of Crop Production 3 (2): 1-14.
11. Carretero, R., Serrago, R. A., Bancal, M. O., Perello, A. E., and Miralles D. J. 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. Field Crop Research 116: 184-195.
12. Cicek, N., and Cakirlar, H. 2002. The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Bulgarian Journal of Plant Physiology 28: 66-74.
13. Demir, S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turk Journal of Biology 28: 85-90.
14. Emam, Y., and Seghat Alslami, M. J. 2005. Yield of Agricultural Plants (Physiology and Processes). University of Shiraz Press, Iran. (in Persian).
15. Fazli, I. S., Abdin, M. Z., Jamal, A., and Ahmad, S. 2005. Interactive effect of sulphur and nitrogen on lipid accumulation, acetyl-CoA concentration and acetyl-CoA carboxylase activity in developing seeds of oilseed crops (*Brassica napus* L.). Plant Science 168: 29-36. (in Persian).
16. Gaastra, P. 1963. Climatic control of photosynthesis and respiration. In: L.T. Evans (Editor), Environmental Contral of Plant Growth. Academic Press, New York.
17. Ganjali, H. M., Kamali Deljoo, A., Azizian Shermeh, O., and Lakizahi, M. 2017. Growth and yield characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) affected by different rates of nitrogen, phosphorus and potassium in Saravan, Iran. Agro ecology Journal 13 (1): 29-37. (in Persian with English abstract).

18. Hadipour, A., Hoseini Mazinani, M., and Mehrafarin, A. 2013. Changes in Essential oil Content/Composition and Shoot Aerial Yield of Lavender (*Lavandula officinalis* L.) Affected by Different Treatments of Nitrogen. Quarterly Journal of Medicinal Plants 2 (46): 156-169. (in Persian with English abstract).
19. Hosseini, R., Gashi, S., Soltani, A., Clateh, M., and Zahed, M. 2013. The effect of nitrogen fertilizer. Wheat nitrogen use efficiency indices(*Triticum aestivum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 11 (2): 300-306. (in Persian with English abstract).
20. Heidari sharif abadi, H. 2012. Physiology of Crop yield (Interaction of genotype* Environment* Management). Astan Quds Razavi Publishing Iran. (in Persian).
21. Iannucci, A., Russo, M., Arena, L., Fonzo, N. D., and Martiniello, P. 2002. Water deficit effects on osmotic adjustment and solute accumulation in leaves of annual clovers. European Journal of Agronomy 16: 111-122.
22. Ibrahimzadeh, H. 2007. Plant Physiology (Third Edition). Tehran Home biology publication, Iran. (in Persian).
23. Jabbari, R., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavy, M. A., and Kordenaeej, A. 2009. Effects of Application Methods of Nitrogen Fertilizer in Semi-Arid and Moderate Cool Conditions on Morphological and Composition on Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Crop Eco Physiology 3 (1): 78-94. (in Persian).
24. Jacobs, M. B. 1951. The Chemical Analysis of Food and Food Products Standardized Dye Method. Vol. 27. 2nd Ed, D Van Nostrand Co, New York.
25. Javanmard, A., and Shekari, F. 2016. Improvement of Seed Yield, its Components and Oil Content of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) by Applications of Chemical and Organic Fertilizers. Journal of Crop Ecophysiology 10 (1): 35-56. (in Persian with English abstract).
26. Kakavand, F., and Mahna N. 2015. Anthocyanin Production through Callus Culture of Apple: Effect of Nitrogen Source and Concentration of Magnesium. Journal of Agricultural Biotechnology 7 (2): 122-134. (in Persian with English abstract).
27. Kerepsi, I., Toth, M., and Boross, L. 1996. Water-soluble carbohydrates in dried plant. Journal Agriculture Food Chemical 10: 3235-3239.
28. Kavari Najad, R. A. 1996. Plant Physiology (Cell, Respiration, Photosynthesis). Tarbiat Moallem University Press, Iran. (in Persian).
29. Khaje Pour, M. R. 2014. Principles of Agriculture (Third Edition). Academic Jihad (Isfahan University of Sanati) Press, Iran. (in Persian).
30. Losak, T., and Richter, R., 2004. Split nitrogen doses and their efficiency in poppy (*Papaver somniferum L.*) nutrition. Plant Soil and Environment 50 (11): 484-488.
31. Mehrnia, M., Ilkay, M. N., and Kashani, A. 2016. Effect of Sowing Date and Nitrogen Distribution on Some Quantitative and Qualitative Traits of Rapeseed (Brassica napus), Fourth International Conference on Applied Research in Agricultural Science. Tehran Iran, 8-12 September: 1-15.
32. Melkotti, M. J. 2006. Sustainable agriculture. Sina Publications, Iran. (in Persian).
33. Mirzadeh, H., Nakhzari moghaddam, H., Biabani, A., Razmi karizaki, A., and Fallah, H. A. 2015. Effect Study of ecological indicators of ecosystem wheat crop. Journal of Biological Conservation of Herbs 3 (7): 354-360. (in Persian).
34. Mirzashahi, K., and Bazargan, K. 2015. Ministry of Agriculture Jihad, Agricultural Research and Training Organization, Technical Journal No 535. (in Persian).
35. Mohammadnejad Ganji, S. M., Moradi, H., Ghanbari, A., and Akbarzadeh, M. 2017. Quantity and quality of secondary metabolites in lavender plant under the influence of ecological factors. Nova Biologica Reperta 4 (2): 166-172. (in Persian with English abstract).
36. Mohammadpour Vashvaei, R., Ghanbari, A., and Fakheri, B. A 2015. Effect of combined feeding system on N, P and K concentration, biochemical characteristics and calyxes yield of Roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*). Iranian Journal of Filed Crop Science 46 (3): 497-517. (in Persian with English abstract).
37. Nowruzi, V., Yousef Zadeh, S., Acilan, K. A., and Mansoorifar, S. 2017. Evaluation of essential oil changes, chlorophyll, carotenoids, anthocyanins and flavonoids Medicinal (*Mentha long*) herb in different habitats of Marand. Quarterly Journal of Eco phytho Chemistry of Medicinal Plants 5 (17): 52-64.
38. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani, P., and Beheshti, A. 2015. Agro ecology. Ferdowsi University of Mashhad Publishes. (in Persian).
39. Olivera, M., Iribane C., and Liuck, C. 2002. Effect of phosphorus on nodulacion and N2 Pixation by bean *(Phaseolus vulgaris)* proceedings of the 15th International Meeting on Microbia Phosphate Solubilization. 16-19 July, Salamanca, Spain.
40. Pengcheng, L., Helin, D., Aizhong, L., Jingran, L., Miao, L., Yabing, L., Shaodong, L., Xinhua, Z., and Shuchun, M. 2017. Effects of nitrogen rate and split application ratio on nitrogen use and soil nitrogen balance in cotton field, Elsevier, China 27 (4): 769-777.
41. Perekaljskii, F. M. 1951. Directin of a sown area (in Russian). Sel. Semenovod 18: 70-73.
42. Rahimmalek, M., and Khorsandi, D. 2015. Determination of Compounds and Medicinal plants Biotechnology. Academic Jihad Isfahan University of Sanati Press, Iran. (in Persian).

43. Rejaei1, M., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Keshtegar, B. 2018. The Effect of Planting Pattern and Vermicompost on the Changes in Soil Nutrients and Use of Environmental Resources in Intercropping of Corn (*Zea mays* L.), Peanut (*Arachis hypogaea* L.) and Borage (*Borago officinalis* L.). Journal of Agro ecology 10 (2): 547-564. (in Persian with English abstract).
44. Sarcheshmeh Pour, M., and Hadi Frapour, M. 2011. The role of microorganisms in reducing the effects of drought stress and increasing water use efficiency by the plant. Eleventh general irrigation Seminar and evaporation reduction.12 May 2011, p. 20-26. (in Persian).
45. Shirani Rad, A. H., Bigdley, M., and Ramezani, M. 2010. Effect of Quantities and Nitrogen Split on Quantitative and Qualitative Traits of Mustard Medicinal Plant in Summer Planting. Quarterly Scientific Research of Crop Eco physiology 2 (4): 271-283. (in Persian).
46. Sing, R. P., Dauley, H. S., H. P., and Prasead, M. V. R. 1973. Drylads of Western Rajasthan need a new technology. Indian Farming 22 (10): 13-15.
47. Walkly, A., and Black, I. A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37 (1): 29-38.
48. Wagner, G. J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanin in protoplasts. Plant Physiology 64: 88-93.
49. Zgallai, H., Steppe, K., and Lemeur, R. 2006. Effects of different levels of water stress on leaf water potential, stomata resistance, protein and chlorophyll content and certain anti oxidative enzymes in Tomato plants. Journal of Integrative Plant Biology 48 (6): 679-685.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 2, Summer. 2019, p. 347-357

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، ص. ۳۵۷-۳۴۷

Evaluation of the Effect of Nitrogen Fertilizer Splitting and Planting Directions on Biochemical Characteristics and Yield of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)

F. Rigi[1], M. Dahmardeh[2*], I. Khammari[3], R. Bagheri[4]

Received: 22-01-2019
Accepted: 03-08-2019

Introduction

Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) is one of the important medicinal and industrial herbs in tropical and semi-tropical regions, which, in addition to multiple drugs use. The quality and quantity of the active ingredient of medicinal plants are affected by the applied crop. Light is recognized as one of the most important factors in competition in ecosystems. Nitrogen is the first element that has a shortage in arid and semi-arid areas due to lack of soil organic matter. Since the use of maximum environmental capacity and the most suitable growing conditions in order to increase the quantitative and qualitative yield and maximize productivity, it is important for agricultural management. The aim of this research was to investigate different cultivars to determine the most suitable culture for planting, optimum use of chemical fertilizers and determine their best time for increasing the quantitative and qualitative yield under Zabol climatic conditions.

Materials and Methods

A split-plot experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the Research Institute of Zabol University during the growing season of 2016-2017. Treatments experiment included two levels of planting directions (North-South, East-West) as the main plot and the split of nitrogen fertilizer from the source of urea in four levels (1/3 per planting, 1/3 four-leaf stage, 1/3 stem elongation; 1/2 post planting, 1/2 four-leaf stage; 1/2 four-leaf stage, 1/2 stem elongation; 1/3 four-leaf stage, 1/3 stem elongation, 1/3 flowering stage) as a sub-plot. Ecological parameters such as light, at the end of the flowering stage, Biochemical characteristics and yield were measured at the end of the growing season. Analysis of variance done by software SAS ver. 9.1 and comparison of means treatment by Duncan test at 0.05 level.

Results and Discussion

The results of the analysis of variance showed that the interaction of planting directions and nitrogen fertilizer split exception for the traits vitamin c, for all traits measured is very significant. Based on the results of the comparison of means treatments showed that all traits had the highest amount in the planting directions (north-south). The highest dry sepal yield (784 $kg.ha^{-1}$) and anthocyanin (2.98 $mg.g^{-1}$) were obtained from north-south planting. The correct timing of fertilizer use is more important than the total amount of fertilizer used. Split timing of nitrogen application for the use of 1/3 four-leaf stage, 1/3 stem elongation stage, 1/3 flowering stage, increased the qualitative and functional characteristics of roselle. The effect of Interaction planting direction and splitting of fertilizer was significant on carotenoid, the highest of carotenoid was obtained at north-south with an application nitrogen fertilizer at 1/3 four-leaf stage, 1/3 stem elongation, 1/3 Flowering stage (0.36 $mg.g^{-1}$).

Conclusions

In general, the results of this research showed that for planting directions North-South, using better ecological factors such as light, temperature, nutrients, and followed by application of nitrogen fertilizer, split in four-leaf stage, stem elongation, flowering Improvement of growth, an increase of yield and quality of sepal in the Roselle plant. Since nitrogen is one of the most effective elements in increasing the quality yield of medicinal plants, optimum management of nitrogen as a split application at times that are more adapted to the critical stages of the plant's needs. It is recommended to achieve sustainable agriculture and environmental protection.

Keywords: Medicinal plant, Secondary metabolite, Sepal yield

1- MSc Horticultural Science, Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran
2- Associate Professor, Department of Agro ecology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran
3- Assistant Professor, Department of Agro ecology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran
4- Instructor Research, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran
(*- Corresponding Author Email: Dahmard@gmail.com)